



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.03.2022 Patentblatt 2022/13

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B05B 12/04 (2006.01) **B05B 1/30** (2006.01)
H01F 7/18 (2006.01) **B05B 13/04** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21202407.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B05B 1/3053; B05B 12/04; H01F 7/1883;
B05B 13/0452

(22) Anmeldetag: **20.09.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **27.09.2017 DE 102017122492**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
18778862.5 / 3 687 705

(71) Anmelder: **Dürr Systems AG**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)

(72) Erfinder:
• **Fritz, Hans-Georg**
73760 Ostfildern (DE)
• **Wöhr, Benjamin**
74363 Eibensbach (DE)
• **Kleiner, Marcus**
74354 Besigheim (DE)
• **Bubek, Moritz**
71640 Ludwigsburg (DE)

- **Beyl, Timo**
74354 Besigheim (DE)
- **Herre, Frank**
71739 Oberriexingen (DE)
- **Sotzny, Steffen**
71720 Oberstenfeld (DE)
- **Tandler, Daniel**
70469 Stuttgart (DE)
- **Berndt, Tobias**
71254 Ditzingen (DE)
- **Geiger, Andreas**
72172 Sulz am Neckar (DE)

(74) Vertreter: **v. Bezold & Partner Patentanwälte - PartG mbB**
Akademiestraße 7
80799 München (DE)

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 13-10-2021 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **APPLIKATOR MIT EINER INTEGRIERTEN STEUERSCHALTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft einen Applikator (1), insbesondere einen Druckkopf (1), zur Applikation eines Beschichtungsmittels, insbesondere eines Lacks, auf ein Bauteil, insbesondere auf ein Kraftfahrzeugkarosseriebauteil oder ein Anbauteil für ein Kraftfahrzeugkarosseriebauteil, mit mehreren Düsen zur Applikation des Beschichtungsmittels in Form eines Beschichtungsmittel-

strahls, und mehreren Beschichtungsmittelventilen (2) zur Steuerung der Beschichtungsmittelabgabe durch die einzelnen Düsen, sowie mit mehreren elektrisch ansteuerbaren Aktoren zum Steuern der Beschichtungsmittelventile (2). Die Erfindung sieht vor, dass eine Steuerschaltung (5, 6) zur elektrischen Ansteuerung der Aktoren in den Applikator (1) integriert ist.

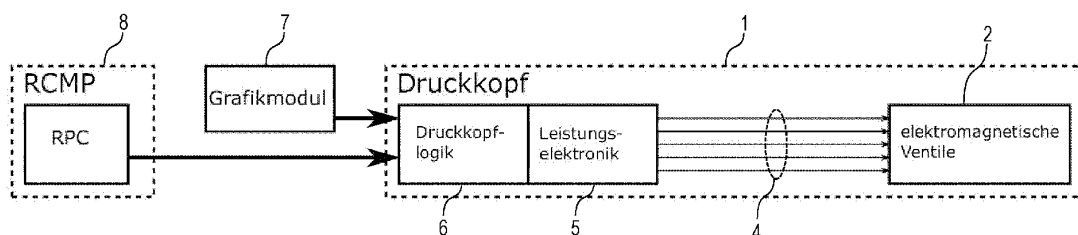


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Applikator (z.B. Druckkopf) zur Applikation eines Beschichtungsmittels (z.B. Lack) auf ein Bauteil (z.B. Kraftfahrzeugkarosseriebauteil oder Anbauteil für ein Kraftfahrzeugkarosseriebauteil).

[0002] Aus dem Stand der Technik (z.B. US 9 108 424 B2) sind Drop-On-Demand-Druckköpfe bekannt, deren Wirkprinzip auf der Verwendung von elektromagnetischen Ventilen beruht. Dabei wird ein magnetischer Kolben (Ventilnadel) in einer Spule geführt und durch Stromzufuhr in die Spule angehoben. Dadurch wird eine Ventilöffnung freigegeben und das Fluid (z.B. die Tinte) kann in Abhängigkeit von der Öffnungszeit als Tropfen bzw. als "Strahlportion" verschiedener Größe austreten.

[0003] Bei Druckköpfen nach dem Stand der Technik ist sowohl die Leistungselektronik als auch die Druckkopflogik außerhalb des Druckkopfes installiert. Die Leistungselektronik dient hierbei zur Erzeugung der zum Betrieb der elektromagnetischen Ventile erforderlichen Spannungen und Ströme, während die Druckkopflogik dazu dient, die Schaltzeitpunkte der einzelnen elektromagnetischen Ventile entsprechend einem vorgegebenen Muster und in Synchronisation mit der Robotersteuerung festzulegen.

[0004] In den allermeisten Fällen werden Druckköpfe an einer festen Halterung fixiert und das zu bedruckende (zu beschichtende) Objekt wird am Druckkopf vorbeigeführt. Alternativ dazu ist der Druckkopf an einer Linear-
einheit montiert, von der er linear hin und her bewegt wird, während das zu bedruckende Objekt unter dem Druckkopf hindurch geführt wird. Dies resultiert in einfachen Bewegungsabläufen. Wird ein Druckkopf aber an einen 6- oder 7-achsigen Roboter installiert, so sind die Bewegungsabläufe sehr viel komplexer. Dies beeinflusst auch das aus dem gewünschten Druckbild resultierende Muster - zeitliche Abfolge - zur Ansteuerung der Ventilsolenoiden.

[0005] Ist im Druckkopf eine Vielzahl (>5, >10, >20, >50) von elektrischen Spulen verbaut, so muss jede Spule einzeln angesteuert werden, um das gewünschte Druckbild zu erzeugen. Für jede Spule wird mindestens eine, evtl. auch mehrere Adern, sowie evtl. eine gemeinsame Leitung für Masse oder Spannungsversorgung in der Steuerleitung benötigt. Je größer die zu erzeugende Kraft des Aktors ist, desto größer und stärker muss die Spule ausgelegt werden und umso größer muss der Kabelquerschnitt der einzelnen Adern gewählt werden, da der Strombedarf entsprechend hoch ist. Entsprechend der Anzahl der Adern steigt der Gesamtkabelquerschnitt an. Dieses Kabelbündel muss von der Steuerschaltung bzw. der Leistungselektronik zum Druckkopf geführt werden.

[0006] Im Fall eines stationären Druckkopfs oder im Fall eines nur wenig beweglichen Druckkopfs (z.B. an Linearachse) und einem bewegtem Objekt treten hier nur wenige nennenswerte Nachteile auf. Wird der Druckkopf

hingegen auf einem mehrachsigen Roboter (6-Achs, 7-Achs, n-Achs) installiert, so muss das Kabelbündel von der feststehenden Steuerschaltung durch die Arme des Roboters und insbesondere durch die Handachsen hindurch verlegt werden. Durch die großen Verdrehwinkel der Handachse und die hohen Geschwindigkeiten sowie Beschleunigungen können so enorme Kräfte auf diese Kabel ausgeübt werden. Das erfordert spezielle, für diese Anwendung geeignete Kabel mit hoher Flexibilität. Genau diese Flexibilität ist aber nur bis zu einer begrenzten Anzahl an Adern bzw. zu einem begrenzten Gesamtdurchmesser des Kabels realisierbar. Zudem kann ein größerer Kabelquerschnitt die Bewegung des Roboters einschränken oder behindern. Bei einer Verlegung durch die Handachse steht außerdem nur ein begrenzter Raum zur Verfügung (Querschnitt Handachse), welcher durch andere Leitungen (Beschichtungsmittel, Luft, Lösemittel) belegt sein kann.

[0007] Weiterhin ist auch die Kabellänge zwischen Steuerung und elektromagnetischen Ventilen im Druckkopf problematisch. Durch eine größere Leitungslänge werden zusätzliche ohmsche Widerstände, zusätzliche Induktivitäten und zusätzliche elektrische Kapazitäten geschaffen. Dadurch entstehen zum einen Leistungsverluste und zum anderen zeitliche Einflüsse, welche im einfachsten Fall von der Leistungselektronik bzw. der Steuerungslogik ausgeglichen werden müssen, bis hin zum Ausfall der Funktion, wenn eine Korrektur nicht mehr möglich ist. Selbst wenn eine Korrektur erfolgen kann, so muss diese bei der Inbetriebnahme eines Systems individuell für jeden Druckkopf bzw. der Installation zu jedem Ventil vorgenommen werden. Hierbei entsteht einerseits ein hoher Aufwand, um die (Korrektur-)Parameter zu ermitteln, und andererseits das Risiko, dass diese sich über die Betriebsdauer der Anlage verändern (Beispielsweise durch Alterung, Umwelteinflüsse oder Teilaustausch).

[0008] Werden die Ventile in einer schnell getakteten Betriebsart betrieben, kommt es bei langen Leitungen außerdem zu EMV-Emissionen (EMV: Elektromagnetische Verträglichkeit), welche sowohl nach außen wirken und andere Geräte stören als auch intern andere Kanäle negativ beeinflussen können. Zudem können in die langen Leitungen auch externe Störungen von anderen Quellen in das Druckkopfsystem induziert werden und so zu Fehlern führen.

[0009] Zuletzt sind die vielen langen und bewegten Leitungen anfällig für Unterbrechungen, sei es in den Adern selbst, oder an erforderlichen Steck- bzw. Kontaktierungsstellen. Solche Unterbrechungen führen einerseits zu Applikationsstörungen und sind andererseits nur mit hohem Aufwand zu diagnostizieren. Darüber hinaus stellen lange Zuleitungen zu einem Druckkopf mit elektromagnetischen Aktoren ein Sicherheitsrisiko in Bezug auf einen Explosionsschutz dar. Mit großen Strömen durch die Spule kann es bei einer Unterbrechung der Zuleitung aufgrund der Induktivität der Spule zu hohen Spannungsspitzen kommen. Diese können z.B. durch Funkenent-

ladung als Zündquelle fungieren. Durch lange Zuleitungen, die sich in einem Roboter und insbesondere der Roboterhandachse hin- und her bewegen, besteht ein höheres Risiko für einen Kabelbruch.

[0010] Zur Steuerung herkömmlicher (Lackier-)Roboter werden Robotersteuerungen verwendet, die eine spezifische Takt- bzw. Zykluszeit (z.B. 8ms, 4ms, 2ms, 1ms) haben. Diese sind in der Lage, Befehle an daran - entweder direkt oder über ein Bussystem - angeschlossene Aktoren zu senden, um das gewünschte Applikationsergebnis zu erzielen. Die dabei erreichbare minimale Auflösung definiert sich durch die Taktzeit und die Bewegungsgeschwindigkeit des Roboters. Diese Taktzeiten reichen in der Regel nicht aus, um die mit dem Druckkopf erwünschten (Applikations-)Genauigkeiten zu erzielen.

[0011] Zum Applizieren einer Grafik müssen die einzelnen Ventile in kürzeren Zeitabständen zueinander geschaltet werden können, als die Taktrate der Robotersteuerung dies ermöglicht. Beispielsweise ist bei einer gewünschten Applikationsauflösung von 0,1 mm und einer maximalen Bahngeschwindigkeit des Roboters von 1000mm/s eine Taktzeit von maximal 100µs erforderlich.

[0012] Deshalb muss eine eigene Druckkopfsteuerung verwendet werden, die in der Lage ist, die Aktoren um ein Vielfaches schneller anzusteuern als die Robotersteuerung. Diese Druckkopfsteuerung wird von der Robotersteuerung mit Informationen zur Schaltung der Aktoren versorgt und verarbeitet diese dann eigenständig nachdem sie von der Robotersteuerung getriggert wird.

[0013] Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer herkömmlichen Beschichtungsanlage mit einem Druckkopf 1 zur Beschichtung von Bauteilen (z.B. Kraftfahrzeugkarosseriebauteile oder Anbauteile für Kraftfahrzeugkarosseriebauteile). Der Druckkopf 1 enthält hierbei eine Vielzahl von Düsen zur Abgabe jeweils eines eng begrenzten Beschichtungsmittelstrahls, wobei die Beschichtungsmittelabgabe aus den Düsen durch eine Vielzahl von elektromagnetischen Ventilen 2 gesteuert wird.

[0014] Die Ansteuerung des Druckkopfs 1 erfolgt durch eine Druckkopfsteuerung 3, die mit dem Druckkopf 1 über ein mehradriges Kabel 4 verbunden ist. Die Anzahl der Adern in dem Kabel 4 hängt hierbei von der Anzahl der elektromagnetischen Ventile 2 in dem Druckkopf 1 ab, was bei einer hohen Anzahl von elektromagnetischen Ventilen 2 zu einer relativ dicken und entsprechend unflexiblen Ausbildung des Kabels 4 führt.

[0015] Zum einen enthält die Druckkopfsteuerung 3 eine Leistungselektronik 5, welche die zur Ansteuerung der elektromagnetischen Ventile 2 erforderlichen Spannungen und Ströme bereitstellt.

[0016] Zum anderen enthält die Druckkopfsteuerung 3 aber auch eine Druckkopfflogik 6, welche die Schaltzeitpunkte für die elektromagnetischen Ventile 2 festlegt und die Leistungselektronik 5 entsprechend ansteuert.

[0017] Eingangsseitig ist die Druckkopfflogik 6 zum ei-

nen mit einem Grafikmodul 7 und zum anderen mit einer Robotersteuerung 8 verbunden. Die in den Zeichnungen dargestellten Abkürzungen RPC bzw. RCMP stehen hierbei für die Begriffe "Robot and Process Control" bzw. "Robot Control Modular Panel".

[0018] Das Grafikmodul 7 gibt hierbei eine bestimmte Grafik vor, die von dem Druckkopf 1 auf das Bauteil (z.B. Kraftfahrzeugkarosseriebauteil) aufgebracht werden soll, wobei die von dem Grafikmodul 7 vorgegebene Grafik die Schaltzeitpunkte für die elektromagnetischen Ventile 2 bestimmt. Die Druckkopfflogik 6 ermittelt dann in Abhängigkeit von der von dem Grafikmodul 7 vorgegebenen Grafik die Schaltzeitpunkte.

[0019] Die Robotersteuerung 8 steuert hierbei den mehrachsigen Beschichtungsroboter an, der den Druckkopf 1 über das zu beschichtende Bauteil (z.B. Kraftfahrzeugkarosseriebauteil) führt. Die entsprechenden Robotersteuerungsdaten werden von der Robotersteuerung 8 an die Druckkopfflogik 6 übermittelt. Beispielsweise können diese Robotersteuerungsdaten die Position und Ausrichtung des Druckkopfs 1 enthalten oder es zumindest ermöglichen, dass die Position und Ausrichtung des Druckkopfs 1 aus den Robotersteuerungsdaten abgeleitet wird. Die Druckkopfflogik ermittelt die Schaltzeitpunkte für die elektromagnetischen Ventile 2 dann in Abhängigkeit von der von dem Grafikmodul 7 vorgegebenen Grafik unter Berücksichtigung der von der Robotersteuerung 8 gelieferten Robotersteuerungsdaten, was eine Synchronisation mit der Roboterbewegung ermöglicht.

[0020] Diese bekannte Anordnung weist jedoch die eingangs ausführlich beschriebenen Nachteile auf.

[0021] Zum allgemeinen technischen Hintergrund der Erfindung ist auch hinzuweisen auf US 2002/0030707 A1, DE 10 2012 006 371 A1, EP 1 821 016 A2, WO 2010/046064 A1 und "Applikationshandbuch Leistungshalbleiter", ISBN 978-3-938843-85-7.

[0022] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen entsprechend verbesserten Applikator (z.B. Druckkopf) zu schaffen.

[0023] Diese Aufgabe wird durch einen erfindungsgemäßen Applikator (z.B. Druckkopf) gemäß dem Hauptanspruch gelöst.

[0024] Der erfindungsgemäße Applikator (z.B. Druckkopf) eignet sich allgemein zur Applikation eines Beschichtungsmittels. Die Erfindung ist also hinsichtlich des Typs des zu applizierenden Beschichtungsmittels nicht auf ein bestimmtes Beschichtungsmittel beschränkt. Vorzugsweise ist der Druckkopf jedoch zur Applikation eines Lacks ausgelegt. Alternativ besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass das Beschichtungsmittel ein Klebstoff ist oder ein Dichtungsmaterial, beispielsweise zur Nahtabdichtung bei Kraftfahrzeugkarosserien. Der erfindungsgemäße Applikator kann also auch als Klebstoff-Applikator oder als Dichtungsmaterial-Applikator ausgelegt sein.

[0025] Weiterhin ist zu erwähnen, dass der erfindungsgemäße Druckkopf allgemein geeignet ist, um das Beschichtungsmittel (z.B. Lack) auf ein bestimmtes Bauteil

zu applizieren. Hinsichtlich des Typs des zu beschichtenden Bauteils ist die Erfindung ebenfalls nicht beschränkt. Vorzugsweise ist der erfindungsgemäße Druckkopf jedoch dazu ausgelegt, ein Beschichtungsmittel (z.B. Lack) auf ein Kraftfahrzeugkarosseriebauteil oder ein Anbauteil eines Kraftfahrzeugkarosseriebauteils zu applizieren.

[0026] Der erfindungsgemäße Applikator weist zunächst in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik mehrere Düsen auf, um das Beschichtungsmittel in Form eines Beschichtungsmittelstrahls zu applizieren. Jede der Düsen gibt hierbei also einen individuell steuerbaren Beschichtungsmittelstrahl aus.

[0027] Hierbei ist zu erwähnen, dass der erfindungsgemäße Druckkopf aus den Düsen keinen Sprühkegel des Beschichtungsmittels abgibt, sondern jeweils räumlich begrenzte Strahlen mit nur einer geringen Strahlaufweitung. Der erfindungsgemäße Druckkopf unterscheidet sich also von Zerstäubern (z.B. Rotationszerstäuber, Luftzerstäuber, etc.), die keinen räumlich begrenzten Strahl des Beschichtungsmittels abgeben, sondern einen Sprühkegel des Beschichtungsmittels.

[0028] Die einzelnen Beschichtungsmittelstrahlen können hierbei jeweils aus räumlich getrennten Beschichtungsmitteltröpfchen bestehen, so dass der Beschichtungsmittelstrahl auch als Tröpfchenstrahl bezeichnet werden kann. Es besteht jedoch alternativ auch die Möglichkeit, dass die Beschichtungsmittelstrahlen in Strahlängsrichtung zusammenhängend sind.

[0029] Darüber hinaus weist der erfindungsgemäße Applikator in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik mehrere Beschichtungsmittelventile auf, um die Beschichtungsmittelabgabe durch die einzelnen Düsen zu steuern.

[0030] Diese Beschichtungsmittelventile können herkömmlicherweise durch mehrere elektrisch ansteuerbare Aktoren (z.B. Magnetaktoren) gesteuert werden, so dass die elektrische Ansteuerung der Aktoren die Beschichtungsmittelabgabe durch die Düsen steuert. Die Erfindung ist jedoch hinsichtlich des technisch-physikalischen Wirkprinzips der Aktoren nicht auf Magnetaktoren beschränkt, sondern auch mit anderen Aktortypen realisierbar, beispielsweise mit piezoelektrischen Aktor, um nur ein Beispiel zu nennen.

[0031] Der erfindungsgemäße Applikator zeichnet sich nun gegenüber dem Stand der Technik dadurch aus, dass eine Steuerschaltung zur elektrischen Ansteuerung der Aktoren in den Druckkopf integriert ist. Dies ist vorteilhaft, weil dadurch die eingangs beschriebenen Probleme des Standes der Technik vermieden werden.

[0032] So ermöglicht die Integration der Steuerschaltung in den Applikator (z.B. Druckkopf) eine Verkürzung der Leitungslängen zwischen der Steuerschaltung und den Aktoren, wodurch störende Induktivitäten und Kapazitäten verringert werden.

[0033] Darüber hinaus führt die Integration der Steuerschaltung in den Applikator (z.B. Druckkopf) aufgrund der Verkürzung der Leitungslängen auch zu einer Ver-

ringerung der EMV-Emissionen und zu einer verringerten Anfälligkeit gegenüber EMV-Emissionen von außen.

[0034] Weiterhin sind die verkürzten Leitungen zwischen der Steuerschaltung und den Aktoren auch weniger anfällig für Unterbrechungen.

[0035] Ferner ermöglichen die verkürzten Leitungen zwischen der Steuerschaltung und den Aktoren eine höhere Taktrate der Beschichtungsmittelventile bzw. kürzere Schaltzeiten.

[0036] Durch die Integration der Steuerschaltung in den Druckkopf lässt sich nicht nur die Anzahl der benötigten Adern der Leitung signifikant verringern, sondern auch deren Querschnitt. Wird die Steuerschaltung in herkömmlicher Weise im Schaltschrank eingebaut, so müssen bis zum Druckkopf oftmals Distanzen im Bereich von 10m-50 m überbrückt werden. Die benötigten Ströme für die Ventilsolenoiden im Ampere-Bereich erfordern einen gewissen Querschnitt, um die Leitungsverluste zu minimieren. Dieser Querschnitt muss für jede Spule zur Verfügung gestellt werden. Wird die Leistungselektronik hingegen in den Druckkopf integriert, dann können zum einen die Ströme minimiert werden, indem die Versorgungsspannung für die Leistungselektronik höher gewählt wird (z.B. 48V) als die Nennspannung der Spule (z.B. 12V). Zum anderen kann der Strom noch weiter gesenkt werden, indem die einzelnen Spulen nicht gleichzeitig, sondern leicht versetzt nacheinander angesteuert werden. Dies ist mit der hohen Taktrate der ebenfalls integrierten Steuerlogik realisierbar. Dazu ist es erforderlich, dass die Taktrate nochmals höher ist, als durch die Applikationsauflösung gefordert.

[0037] Beispielsweise kann die integrierte Steuerschaltung eine Leistungselektronik zur Ansteuerung der Aktoren enthalten. Dies bedeutet, dass die Leistungselektronik die zum Betrieb der Aktoren erforderlichen Spannungen und Ströme bereitstellt.

[0038] Die Integration der Leistungselektronik in den Applikator ermöglicht kurze Leitungen zwischen der Leistungselektronik und den Aktoren, wobei die Leitungslänge beispielsweise höchstens 300mm, höchstens 200mm, höchstens 100mm oder höchstens 50mm oder sogar höchstens 10mm betragen kann. Im Grenzfall kann die Leistungselektronik auch direkt an den Aktoren angebracht sein.

[0039] Weiterhin ist zu erwähnen, dass die Leistungselektronik die Aktoren mit einer elektrischen Spannung ansteuert, die vorzugsweise im Bereich von 6V-96V liegt, insbesondere im Bereich von 12V-48V.

[0040] Dabei werden die Aktoren von der Leistungselektronik so angesteuert, dass durch die einzelnen Aktoren ein elektrischer Strom fließt, der vorzugsweise im Bereich von 0,01A-10A liegt, insbesondere im Bereich von 0,25A-5A oder im Bereich von 0,05A-1A.

[0041] Dabei steuert die Leistungselektronik die Aktoren vorzugsweise mit einer Pulsweitenmodulation (PWM) mit einem variablen Tastverhältnis an. Die Erfindung ist jedoch hinsichtlich der verwendeten Modulationsart nicht auf eine Pulsweitenmodulation beschränkt,

sondern auch mit anderen Modulationsarten realisierbar.

[0042] Darüber hinaus kann die integrierte Steuerung auch eine Druckkopfflogik umfassen, wie sie eingangs bereits beschrieben wurde. Die Druckkopfflogik ist ausgangsseitig mit der Leistungselektronik verbunden und legt die Schaltzeitpunkte für die einzelnen Beschichtungsmittelventile des Druckkopfs fest. Eingangsseitig ist die Druckkopfflogik mit einer Robotersteuerung und/oder mit einem Grafikmodul verbunden.

[0043] Die Robotersteuerung steuert hierbei den Beschichtungsroboter, der den Druckkopf programmgesteuert über das Bauteil bewegt, wobei die Robotersteuerung entsprechende Robotersteuerungsdaten an die Druckkopfflogik meldet, damit die Druckkopfflogik in Abhängigkeit von den Robotersteuerungsdaten die Schaltzeitpunkte für die einzelnen Beschichtungsmittelventile festlegen kann. Beispielsweise können die Robotersteuerungsdaten die Position und die Ausrichtung des Druckkopfs wiedergeben. Es besteht jedoch alternativ auch die Möglichkeit, dass die Druckkopfflogik die Position und Ausrichtung des Druckkopfs lediglich aus den Robotersteuerungsdaten ableitet.

[0044] Das Grafikmodul definiert dagegen Schaltmuster für die Aktoren entsprechend einer vorgegebenen Grafik, die auf das Bauteil aufgebracht werden soll. Diese Schaltmuster werden dann von dem Grafikmodul an die Druckkopfflogik übertragen.

[0045] Die Druckkopfflogik legt dann in Abhängigkeit von den Robotersteuerungsdaten und/oder in Abhängigkeit von den Schaltmustern des Grafikmoduls die Schaltzeitpunkte fest und steuert die Leistungselektronik entsprechend an.

[0046] Die Druckkopfflogik steuert also die Öffnungs- und Schließvorgänge der Düsen über die Ansteuerung der Aktoren, die mit Aktornadeln verbunden sind. Die Öffnungs- und Schließvorgänge werden durch ein Programm vorgegeben, das in einer übergeordneten Einheit erzeugt wird. In diesem ist zu jeder Roboter-Position mit Bezug zu der zu lackierenden Fläche der Zustand jedes Ventils (offen oder geschlossen) gespeichert.

[0047] Es ist möglich, dass der Druckkopf kontinuierlich Beschichtungsmaterial als Strahlen ausstößt oder, dass er das Beschichtungsmaterial in Form von Tropfen ausstößt. Im letzten Fall öffnet und schließt die Steuerung die Düsen in hoher Frequenz (z.B. mit 10Hz-2000Hz, 100Hz-10000Hz), während der Druckkopf vom Roboter über die zu beschichtende Fläche geführt wird.

[0048] Die Druckkopfflogik weist deshalb vorzugsweise mindestens eines der folgenden Bauteile bzw. Baugruppen auf:

- Eine Kommunikationsschnittstelle zur Kommunikation mit der Robotersteuerung,
- eine erste Logikeinheit zur logischen Verarbeitung der von dem Grafikmodul gelieferten Schaltmuster,
- eine Synchronisationseinrichtung zur Synchronisation der von dem Grafikmodul gelieferten Schaltmuster mit der Robotersteuerung, und/oder

- eine zweite Logikeinheit zur Kompensation von Toleranzen in der Steuerkette zu den Aktoren, um eine exakte Synchronisation der einzelnen Kanäle für die verschiedenen Aktoren zu erreichen.

[0049] Für ein gutes Applikationsergebnis ist es essentiell, dass die Druckkopffsteuerung die Ventile exakt zur Position des Roboters schaltet. Dazu wird die Steuerung zum einen mit dem Takt der Robotersteuerung synchronisiert und zum anderen von dieser getriggert, wenn das vorgegebene Ventilprogramm ausgeführt werden soll.

[0050] Da die einzelnen Ventile möglicherweise unterschiedliche Charakteristiken haben (z.B. aufgrund von Fertigungstoleranzen) enthält die Steuerung Mechanismen, um diese durch individuelle Ansteuerung jedes Ventils zu kompensieren. Durch die Integration der Steuerungsschaltung in den Applikator (z.B. Druckkopf) ergibt sich eine Einheit, die komplett getestet und parametrisiert werden kann. Dadurch ist es für den Anwender möglich, den Druckkopf ohne weiteres von einem Roboter zum anderen zu tauschen.

[0051] In einer Ausgestaltung der Erfindung sind die Aktoren elektromagnetische Aktoren, die jeweils eine Spule aufweisen. In Abhängigkeit von der Bestromung der Spule wird dann ein Anker in der Spule verschoben, wobei der Anker direkt oder indirekt auf eine Ventilmadel wirkt. Zum Öffnen eines Beschichtungsmittelventils steuert die Leistungselektronik die Spule des betreffenden Aktors dann mit einem relativ hohen Startstrom an. Nach dem Öffnen und zum Offenhalten des betreffenden Beschichtungsmittelventils muss die Leistungselektronik den Aktor dann nur mit einem kleineren Haltestrom ansteuern, der kleiner ist als der Startstrom.

[0052] Bei einer Ausgestaltung der Aktoren als elektromagnetische Aktoren mit jeweils einer Spule ist die Spule vorzugsweise mit einem ersten Spulenanschluss unabhängig vom Schaltzustand dauerhaft mit Masse oder mit einer Versorgungsspannung verbunden, während der zweite Spulenanschluss über ein steuerbares Schaltelement mit Masse oder mit einer Versorgungsspannung verbunden ist. Das steuerbare Schaltelement zum Schalten der Spule kann hierbei wahlweise plusseitig ("high side") oder minusseitig ("low side") angeordnet sein. Darüber hinaus kann parallel zu der Spule eine Freilaufdiode geschaltet sein.

[0053] In einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung sind dagegen beide Spulenanschlüsse über jeweils ein steuerbares Schaltelement mit Versorgungsspannung bzw. mit Masse verbunden. Diese Erfindungsvariante mit zwei steuerbaren Schaltelementen zum Schalten der Spule ist aus zwei Gründen vorteilhaft. Zum einen wird die im Magnetfeld der Spule gespeicherte Energie hierbei nicht in der Spule verbraucht, sondern fließt wieder in die Versorgung zurück. Zum anderen geht dieses Umlagern der Energie durch zwei Schaltelemente deutlich schneller als das Verbrauchen in der Spule.

[0054] Diesen beiden Vorteilen steht jedoch als Nach-

teil ein höherer Aufwand bei der Installation entgegen, da für jedes Ventil zwei Adern benötigt werden, während die Schaltung der Spule mit nur einem einzigen Schaltelement mit entsprechend weniger Adern auskommt. Dieser Nachteil tritt jedoch bei der erfindungsgemäßen Integration der Leistungselektronik in den Druckkopf in den Hintergrund, da nur kurze Leitungen zwischen der Leistungselektronik und den Aktoren erforderlich sind.

[0055] Bei dieser Erfindungsvariante mit zwei steuerbaren Schaltelementen zum Schalten der Spule können wahlweise zwei Freilaufdioden oder zwei weitere steuerbare Schaltelemente vorgesehen sein.

[0056] Ein weiteres Merkmal einfacher Leistungsstufen ist das einfache Umschalten der Pulsweitenmodulation (PWM) zwischen zwei verschiedenen Tastgraden, um die Spulen zum Öffnen mit einer hohen und zum Halten mit einer niedrigeren Spannung anzusteuern. Der Strom durch die Spule ergibt sich dann aus den daraus resultierenden Spannungen dem Gleichstromwiderstand (RDC) der Spule und den Leitungswiderständen in der Zuleitung. Da der Gleichstromwiderstand (RDC) typischerweise im Bereich weniger Ohm liegt, wird deutlich, dass der Einfluss der Leitungswiderstände nicht mehr zu vernachlässigen ist. Er hat direkten Einfluss auf den in der Spule fließenden Strom und damit auf die Kraft, die der Aktor aufbringen kann. Dieser Einfluss stört umso mehr, je variabler der Leitungswiderstand (z.B. durch unterschiedliche Kabellängen und/oder Querschnitte) ist und lässt sich durch die Integration in den Applikator deutlich minimieren. Je näher die Leistungselektronik am Aktor sitzt, desto geringer sind die Einflüsse der Verbindung zwischen beiden Komponenten. Durch die Positionierung der Leistungselektronik im Druckkopf sind die elektrischen Zuleitungen zu den Aktoren kurz ($\leq 300\text{mm}$, $\leq 250\text{mm}$, $\leq 200\text{mm}$ oder sogar $\leq 150\text{mm}$). Außerdem muss diese Verbindung nicht mehr die Bewegungen des Roboters mitmachen, sondern kann fest verlegt sein.

[0057] Hinzu kommen Varianzen die sich aufgrund von Temperatureinflüssen (insbesondere beim Spulenwiderstand) ergeben. Diese werden bei einfachen Steuerungen zusammen mit den Leitungsverlusten so kompensiert, dass die Spulen mit einer höheren Spannung betrieben werden als eigentlich nötig, um genügend Funktionsreserve zu haben. Das hat zur Folge, dass in den Spulen meist mehr Strom fließt als eigentlich notwendig, was wiederum zu einer höheren Wärmeentwicklung führt und das System insgesamt weniger effizient macht. Es ist deshalb wesentlich besser, den Strom in den Spulen zu regeln, anstatt die Spule mit unterschiedlichen Spannungen zu betreiben. Die Stabilität der Regelung profitiert ebenfalls von der Integration in den Druckkopf, da äußere Einflüsse auf ein Minimum reduziert werden.

[0058] Ferner ist zu erwähnen, dass die Steuerschaltung im Gehäuse des Applikators oder in einem Anschlussflansch des Applikators integriert sein kann.

[0059] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Applikator explosionsgeschützt, insbesondere gemäß DIN EN 60079-2. Dies kann beispiels-

weise durch eine Druckgasspülung des Gehäuses des Applikators erreicht werden. Um den Applikator (z.B. Druckkopf) gemäß den geltenden Vorschriften explosionschutzsicher zu gestalten, kann das gesamte Gehäuse mit einem inerten Gas (z.B. Druckluft) gespült werden, sodass sich ein geringer Innendruck ($<1\text{bar}$) aufbaut. Dabei misst ein Sensor ständig den Innendruck. Die Grenzwerte (Mindestdruck und Maximaldruck) des Innendrucks sind Teil des Sicherheitskonzepts und sind in der übergeordneten Steuerung hinterlegt. Das in das Gehäuse eingeleitete Gas entweicht über eine Bohrung (eine Drossel, ein Ventil, ein Rückschlagventil) im Gehäuse oder in einem am Gehäuse angrenzenden Bauteil in die Umgebung des Druckkopfs oder in andere drucklose Bereiche z.B. über die Handachse in den Roboterarm. In einer besonderen Ausführung wird das Gas so in das Gehäuse eingeleitet, dass es die Aktoren und/oder die Elektronikbauteile kühlt. Die elektrischen Komponenten (z.B. Platinen, Bauteile) können zum Erreichen des Explosionsschutzziels aber auch mit einem selbstvernetzenden Polymer überzogen werden.

[0060] Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass die Erfindung nicht nur Schutz beansprucht für den vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Applikator als einzelnes Bauteil. Vielmehr beansprucht die Erfindung auch Schutz für einen Beschichtungsroboter (z.B. Lackierroboter) mit einem solchen Applikator.

[0061] Schließlich beansprucht die Erfindung auch Schutz für eine komplette Beschichtungsanlage (z.B. Lackieranlage) mit dem erfindungsgemäßen Beschichtungsroboter mit dem daran montierten Applikator, einer Robotersteuerung zur Programmsteuerung des Beschichtungsroboters und einem Grafikmodul zur Vorgabe von Schaltmustern für Aktoren entsprechend einer vorgegebenen Grafik.

[0062] Die Verkabelung zwischen der Robotersteuerung und der Druckkopfsteuerung kann hierbei auf ein Minimum reduziert werden. Dabei kann das Kabel eine Leistungsspannungsversorgung für die Aktoren umfassen, insbesondere mit einer Spannung von 48 VDC bei einer Leistung von 0,1kW, 0,5kW oder mehr als 1kW. Darüber hinaus kann das Kabel eine Steuerspannungsversorgung für die Druckkopfflogik und/oder für die Leistungselektronik aufweisen, insbesondere mit einer Spannung von 24 VDC. Ferner kann das Kabel auch einen Potentialausgleich aufweisen und/oder eine Kommunikationsverbindung (z.B. Ethernet-Verbindung) zur Anbindung an die Robotersteuerung.

[0063] Weiterhin besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass das Kabel ein Hybridkabel ist, bei dem alle Adern des Kabels unter einem gemeinsamen Schutzmantel liegen und/oder sich mehrere Funktionen eine gemeinsame Ader des Kabels teilen, insbesondere eine gemeinsame Masseleitung.

[0064] Schließlich ist zu erwähnen, dass die Anschlüsse an dem Applikator für die Robotersteuerung, das Grafikmodul und/oder die Druckkopfflogik lösbar sein sollten, insbesondere steckbar. Hierbei können die Anschlüsse

an dem Applikator beispielsweise in einem Gehäuse, in einem Anschlussflansch, außen an dem Gehäuse oder außen an dem Anschlussflansch des Applikators angebracht sein.

[0065] Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer herkömmlichen Lackieranlage mit einem Druckkopf,

Figur 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Lackieranlage, wobei in den Druckkopf eine Druckkopfflogik und eine Leistungselektronik integriert sind,

Figur 3 eine Abwandlung von Figur 2, wobei in den Druckkopf nur die Leistungselektronik integriert ist,

Figur 4 eine Abwandlung von Figur 2, wobei ein Grafikmodul der Robotersteuerung vorgestaltet ist,

Figur 5 ein schematisches Schaltbild zur Verdeutlichung der Ansteuerung einer Spule eines elektromagnetischen Ventils durch ein einziges Schaltelement,

Figur 6 eine Abwandlung von Figur 5 mit zwei Schaltelementen zur Ansteuerung der Spule,

Figur 7 eine Abwandlung von Figur 6 mit zwei zusätzlichen Schaltelementen anstelle der Freilaufdioden bei Figur 6,

Figur 8 ein Diagramm zur Verdeutlichung der pulsweitenmodulierten Spannungen bei zwei verschiedenen Schaltmustern, sowie

Figur 9 den Stromverlauf beim Schalten einer Spule.

[0066] Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Lackieranlage, die beispielsweise zur Lackierung von Kraftfahrzeugkarosseriebauteilen verwendet werden kann. Dieses erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel stimmt teilweise mit der vorstehend beschriebenen und in Figur 1 gezeigten Darstellung überein, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird, wobei für entsprechende Einzelheiten dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

[0067] Eine Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, dass die Druckkopfflogik 6 und die Leistungselektronik 5 in den Druckkopf 1 integriert sind.

[0068] Zum einen bietet dies den Vorteil, dass die Leitungen 4 zwischen der Leistungselektronik 5 und den elektromagnetischen Ventilen 2 weniger anfällig sind für Unterbrechungen.

5 **[0069]** Zum anderen sind die Leitungen zwischen der Leistungselektronik 5 und den elektromagnetischen Ventilen 2 auch weniger anfällig für störende EMV-Emissionen von außen.

10 **[0070]** Weiterhin ist als Vorteil zu nennen, dass die Leitungen zwischen der Leistungselektronik 5 und den elektromagnetischen Ventilen 2 kürzer sind, so dass geringere Leistungsverluste in den Leitungen entstehen und auch zeitliche Einflüsse weniger stark sind.

15 **[0071]** Ganz allgemein werden durch die Verkürzung der Leitungen weniger zusätzliche ohmsche Widerstände, Induktivitäten und Kapazitäten geschaffen.

[0072] Darüber hinaus unterliegen die Leitungen zwischen der Leistungselektronik 5 und den elektromagnetischen Ventilen 2 aufgrund der Integration der Leistungselektronik in den Druckkopf 1 auch keinerlei mechanischen Verformungen, wie es beim Stand der Technik der Fall ist.

[0073] Figur 3 zeigt eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 2, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird, wobei für entsprechende Einzelheiten dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

25 **[0074]** Eine Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, dass nur die Leistungselektronik 5 in den Druckkopf 1 integriert ist, wohingegen die Druckkopfflogik 6 außerhalb des Druckkopfs 1 in einer Druckkopfsteuerung 3 angeordnet ist.

30 **[0075]** Das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 stimmt wiederum weitgehend mit den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen überein, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird, wobei für entsprechende Einzelheiten dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

35 **[0076]** Eine Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, dass die Druckkopfflogik 6 nicht - wie bei den Figuren 1-3 - direkt mit dem Grafikmodul 7 verbunden ist. Vielmehr ist zwischen der Druckkopfflogik 6 und dem Grafikmodul 7 hierbei die Robotersteuerung 8 angeordnet. Die Druckkopfflogik 6 ist hierbei also nur mittelbar mit dem Grafikmodul 7 verbunden.

40 **[0077]** Figur 5 zeigt ein vereinfachtes Schaltbild zur Ansteuerung einer Spule L in den elektromagnetischen Ventilen 2. Hierbei ist ein erster Spulenanschluss 9 der Spule L direkt mit einer Versorgungsspannung DC verbunden. Ein zweiter Spulenanschluss 10 ist dagegen über ein steuerbares Schaltelement S mit Masse verbunden.

[0078] Parallel zu der Spule L ist hierbei noch eine Freilaufdiode D geschaltet.

45 **[0079]** Darüber hinaus ist parallel zu der Versorgungsspannung DC ein Kondensator C geschaltet.

[0080] Die vorstehend beschriebene Gestaltung der Leistungsendstufe ist vergleichsweise einfach, jedoch

hat diese Bauweise den Nachteil, dass die Schließzeiten der elektromagnetischen Ventile 2 verlängert werden. Im geschlossenen Zustand des steuerbaren Schaltelements S wird Energie eingespeist und im Magnetfeld der Spule L gespeichert. Wird nun das steuerbare Schaltelement S geöffnet, so fließt der Strom über die Freilaufdiode D aufgrund der gespeicherten Energie so lange weiter, bis das Magnetfeld komplett abgebaut ist. Dies ist insbesondere beim Drucken mit Tropfen unerwünscht.

[0081] Figur 6 zeigt deshalb eine alternativ mögliche Bauweise einer Leistungsendstufe, die wiederum teilweise mit der vorstehend beschriebenen einfachen Bauweise übereinstimmt, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird, wobei für entsprechende Einzelheiten dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

[0082] Eine Besonderheit dieser Bauweise besteht darin, dass der erste Spulenanschluss 9 über ein erstes steuerbares Schaltelement S1 mit der Versorgungsspannung DC verbunden ist, während der zweite Spulenanschluss C über ein zweites steuerbares Schaltelement S2 mit Masse verbunden ist.

[0083] Darüber hinaus ist der erste Spulenanschluss 9 über eine erste Freilaufdiode D1 mit Masse verbunden, während der zweite Spulenanschluss C über eine zweite Freilaufdiode D2 mit der Versorgungsspannung DC verbunden ist.

[0084] Diese Bauweise der Leistungsendstufe hat zwei Vorteile. Zum einen wird die im Magnetfeld der Spule L gespeicherte Energie nicht in der Spule L verbraucht, sondern fließt wieder in die Versorgung bzw. den Speicherkondensator C zurück. Zum anderen geht dieses Umlagern der Energie aus der Spule L deutlich schneller als das Verbrauchen.

[0085] Diesen beiden Vorteilen steht jedoch der Nachteil eines höheren Installationsaufwandes entgegen, da für jedes der Ventile 2 zur Ansteuerung der beiden Schaltelemente S1, S2 zwei Adern erforderlich sind, während die einfache Lösung gemäß Figur 5 jeweils nur mit einer einzigen Ader zum Ansteuern des Schaltelements S auskommt. Dieser Nachteil tritt jedoch aufgrund der erfindungsgemäßen Integration der Leistungselektronik 5 in den Druckkopf 1 in den Hintergrund.

[0086] Figur 7 zeigt eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 6, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird, wobei für entsprechende Einzelheiten dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

[0087] Eine Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, dass die beiden Freilaufdioden D1, D2 durch zwei steuerbare Schaltelemente S3, S4 ersetzt wurden.

[0088] Figur 8 zeigt ein Diagramm zur Verdeutlichung von zwei verschiedenen Spannungen U1, U2 bei der Pulsweitenmodulation durch zwei verschiedene Schaltmuster 11, 12. Das Schaltmuster 11 erzeugt hierbei die relativ hohe Spannung U2, während das Schaltmuster

12 die kleinere Spannung U1 erzeugt.

[0089] Schließlich zeigt Figur 9 den Stromverlauf beim Ansteuern eines der elektromagnetischen Ventile 2. Nach einem Startversatz t_v steigt der Strom I zunächst auf einen Startstrom I_s an und wird dann für eine Startdauer t_s auf diesem Wert gehalten. Anschließend fällt der Strom dann auf einen kleineren Haltestrom I_H ab und wird auf diesem niedrigeren Wert für eine bestimmte Haltezeit t_H gehalten.

[0090] Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr beansprucht die Erfindung auch Schutz für den Gegenstand und die Merkmale der Unteransprüche unabhängig von den jeweils in Bezug genommenen Ansprüchen und insbesondere auch ohne die Merkmale des Hauptanspruchs. Die Erfindung umfasst also verschiedene Erfindungsaspekte, die unabhängig voneinander Schutz genießen und insbesondere auch ohne die technische Lehre des Hauptanspruchs. Beispielsweise beansprucht die Erfindung auch Schutz für einen Applikator ohne eine integrierte Leistungselektronik und ohne die erfindungsgemäße Ansteuerung der Aktoren mit einem Startstrom bzw. einem Haltestrom.

25 Bezugszeichenliste:

[0091]

1	Druckkopf
2	Elektromagnetische Ventile
3	Druckkopfsteuerung
4	Kabel zwischen Druckkopfsteuerung und Druckkopf
5	Leistungselektronik
6	Druckkopfflogik
7	Grafikmodul
8	Robotersteuerung
9	Erster Spulenanschluss
10	Zweiter Spulenanschluss
11, 12	Schaltmuster
C	Kondensator
D, D1, D2	Freilaufdioden
DC	Versorgungsspannung
L	Spule des elektromagnetischen Ventils
S	Steuerbares Schaltelement
S1-S4	steuerbare Schaltelemente
U1, U2	Spannungen der beiden Schaltmuster 11, 12

Patentansprüche

1. Applikator (1), insbesondere Druckkopf (1), zur Applikation eines Beschichtungsmittels, insbesondere eines Lacks, eines Klebstoffs oder eines Dichtungsmaterials, auf ein Bauteil, insbesondere auf ein Kraftfahrzeugkarosseriebauteil oder ein Anbauteil für ein Kraftfahrzeugkarosseriebauteil, mit

- a) mehreren Düsen zur Applikation des Beschichtungsmittels in Form eines Beschichtungsmittelstrahls,
- b) mehreren Beschichtungsmittelventilen (2) zur Steuerung der Beschichtungsmittelabgabe durch die einzelnen Düsen,
- c) mehreren elektrisch ansteuerbaren Aktoren (L) zum Steuern der Beschichtungsmittelventile (2), und
- d) einer in den Applikator (1) integrierten Steuerschaltung (5, 6) zur elektrischen Ansteuerung der Aktoren (L), wobei die integrierte Steuerschaltung eine Leistungselektronik (5) zur Ansteuerung der Aktoren (L) enthält,

dadurch gekennzeichnet,

- e) dass die Aktoren (L) elektromagnetische Aktoren (L) sind, die jeweils eine Spule (L) aufweisen,
- f) dass die Leistungselektronik (5) die Spule (L) eines der Aktoren (L) zum Öffnen des zugehörigen Beschichtungsmittelventils mit einem Startstrom (I_S) ansteuert, und
- g) dass die Leistungselektronik (5) die Spule (L) eines der Aktoren (L) zum Offenhalten des zuvor bereits geöffneten zugehörigen Beschichtungsmittelventils mit einem Haltestrom (I_H) ansteuert, wobei der Haltestrom (I_H) kleiner ist als der Startstrom (I_S).

2. Applikator (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- a) **dass** die Leistungselektronik (5) über kurze Leitungen (4) mit einer Leitungslänge von höchstens 300mm, 200mm, 100mm, 50mm oder höchstens 10mm mit den Aktoren (L) verbunden ist, und/oder
- b) **dass** die Leistungselektronik (5) die Aktoren (L) mit einer elektrischen Spannung ansteuert, die im Bereich von 6V-96V liegt, insbesondere im Bereich von 12V-48V, und/oder
- c) **dass** die Leistungselektronik (5) die einzelnen Aktoren (L) so ansteuert, dass durch die einzelnen Aktoren (L) ein elektrischer Strom fließt, der im Bereich von 0,01A-10A liegt, insbesondere im Bereich von 0,2A-5A oder 0,05A-1A, und/oder
- d) **dass** die Leistungselektronik (5) die Aktoren (L) mit einer Pulsweitenmodulation mit einem variablen Tastverhältnis oder einer Frequenzmodulation oder einer sonstigen Modulation ansteuert.

3. Applikator (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

- a) **dass** die integrierte Steuerschaltung (5, 6) auch eine Druckkopfflogik (6) umfasst,
- b) **dass** die Druckkopfflogik (6) ausgangsseitig mit der Leistungselektronik (5) verbunden ist,
- c) **dass** die Druckkopfflogik (6) eingangsseitig mit einer Robotersteuerung (8) und/oder mit einem Grafikmodul (7) verbunden ist,
- d) **dass** die Robotersteuerung (8) einen Beschichtungsroboter steuert, der den Applikator (1) programmgesteuert über das Bauteil bewegt, wobei die Robotersteuerung (8) Robotersteuerungsdaten an die Druckkopfflogik (6) meldet,
- e) **dass** das Grafikmodul (7) Schaltmuster für die Aktoren (L) entsprechend einer vorgegebenen Grafik vorgibt und an die Druckkopfflogik (6) meldet, und
- f) **dass** die Druckkopfflogik (6) in Abhängigkeit von den Robotersteuerungsdaten und in Abhängigkeit von den Schaltmustern die Leistungselektronik (5) ansteuert.

4. Applikator (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckkopfflogik (6) folgendes aufweist:

- a) eine Kommunikationsschnittstelle zur Kommunikation mit der Robotersteuerung (8),
- b) eine erste Logikeinheit zur logischen Verarbeitung der von dem Grafikmodul (7) gelieferten Schaltmuster,
- c) eine Synchronisationseinrichtung zur Synchronisation der von dem Grafikmodul (7) gelieferten Schaltmuster mit der Robotersteuerung (8), und/oder
- d) eine zweite Logikeinheit zur Kompensation von Toleranzen in der Steuerkette zu den Aktoren (L), um eine exakte Synchronisation der einzelnen Kanäle für die verschiedenen Aktoren (L) zu erreichen.

5. Applikator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- a) **dass** die Spule (L) mit einem ersten Spulenanschluss (9) unabhängig vom Schaltzustand dauerhaft mit Masse oder mit einer Versorgungsspannung (DC) verbunden ist,
- b) **dass** die Spule (L) mit einem zweiten Spulenanschluss (10) über ein steuerbares Schaltelement (S) mit Masse oder mit einer Versorgungsspannung (DC) verbunden ist, und/oder
- c) **dass** parallel zu der Spule (L) eine Freilaufdiode (D) geschaltet ist.

6. Applikator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

- a) **dass** die Spule (L) mit einem ersten Spulenanschluss (9) über ein erstes steuerbares Schaltelement (S1) mit einer Versorgungsspannung (DC) verbunden ist, und
 b) **dass** die Spule (L) mit einem zweiten Spulenanschluss (10) über ein zweites steuerbares Schaltelement (S2) mit Masse verbunden ist. 5
7. Applikator (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, 10
- a) **dass** die Spule (L) mit dem zweiten Spulenanschluss (10) über eine zweite Freilaufdiode (D2) oder über ein drittes steuerbares Schaltelement (S4) mit der Versorgungsspannung (DC) verbunden ist, und/oder
 b) **dass** die Spule (L) mit dem ersten Spulenanschluss (9) über eine erste Freilaufdiode (D1) oder ein viertes steuerbares Schaltelement (S3) mit Masse verbunden ist, und/oder 15 20
8. Applikator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, 25
- a) **dass** die Steuerschaltung (5, 6) im Gehäuse des Applikators (1) integriert ist, und/oder
 b) **dass** die Steuerschaltung (5, 6) im Anschlussflansch des Applikators (1) integriert ist.
9. Applikator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Applikator (1) explosionsgeschützt ist, insbesondere gemäß DIN EN 60079-2, insbesondere mit einer Druckgasspülung eines Gehäuses des Applikators (1), 30 35
10. Beschichtungsroboter, insbesondere Lackierroboter, mit einem Applikator (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 40
11. Beschichtungsanlage zur Applikation des Beschichtungsmittels, insbesondere des Lacks, auf das Bauteil, insbesondere auf das Kraftfahrzeugkarosseriebauteil oder das Anbauteil für ein Kraftfahrzeugkarosseriebauteil, mit 45
- a) dem Beschichtungsroboter nach Anspruch 10,
 b) der Robotersteuerung (8) zur Programmsteuerung des Beschichtungsroboters, und 50
 c) dem Grafikmodul (7) zur Vorgabe von Schaltmustern für die Aktoren (L) entsprechend einer vorgegebenen Grafik.
12. Beschichtungsanlage nach Anspruch 11, **gekennzeichnet durch** mindestens ein Kabel zwischen der Robotersteuerung (8) und der Druckkopflöge (6), wobei das Kabel folgende Anschlüsse umfasst: 55
- a) eine Leistungsspannungsversorgung für die Aktoren (L), insbesondere mit einer Spannung von 48 VDC bei einer Leistung größer 0.1 kW, größer 0.5 kW oder größer 1kW,
 b) eine Steuerspannungsversorgung für die Druckkopflöge (6) und/oder die Leistungselektronik (5), insbesondere mit einer Spannung von 24 VDC,
 c) einen Potentialausgleich, und
 d) eine Kommunikationsverbindung zur Anbindung an die Robotersteuerung (8), insbesondere eine Ethernet-Verbindung.
13. Beschichtungsanlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kabel ein Hybridkabel ist, bei dem
- a) alle Adern des Kabels unter einem gemeinsamen Schutzmantel liegen, und/oder
 b) sich mehrere Funktionen eine gemeinsame Ader des Kabels teilen, insbesondere eine gemeinsame Masseleitung.
14. Beschichtungsanlage nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, 60
- a) **dass** die Anschlüsse an dem Applikator (1) für die Robotersteuerung (8), das Grafikmodul (7) und/oder die Druckkopflöge (6) lösbar sind, insbesondere steckbar, und/oder
 b) **dass** die Anschlüsse an dem Applikator (1) wie folgt angeordnet sind:
- b1) in einem Gehäuse des Applikators (1),
 b2) in einem Anschlussflansch des Applikators (1),
 b3) außen an dem Gehäuse des Applikators (1), oder
 b4) außen an dem Anschlussflansch des Applikators (1).

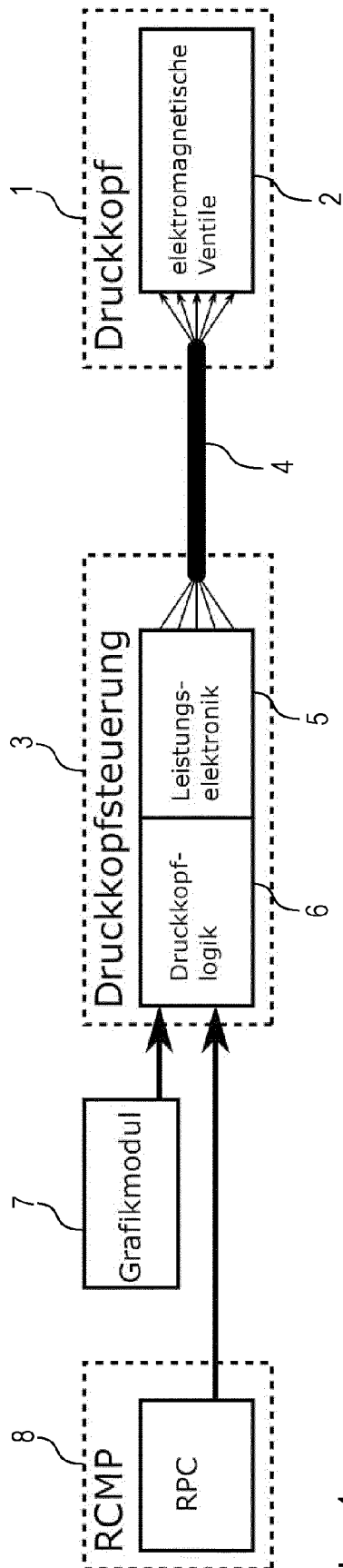


Fig. 1
Stand der Technik

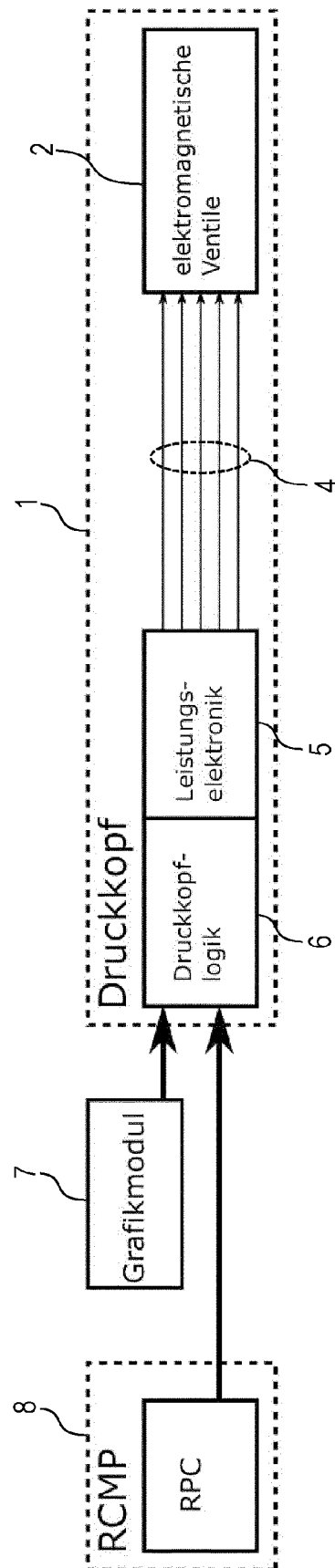


Fig. 2

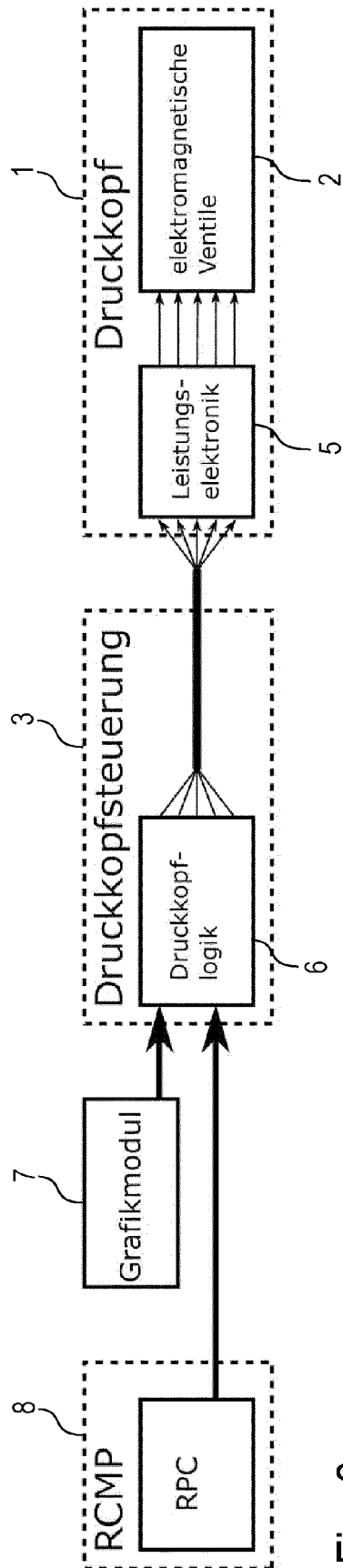


Fig. 3

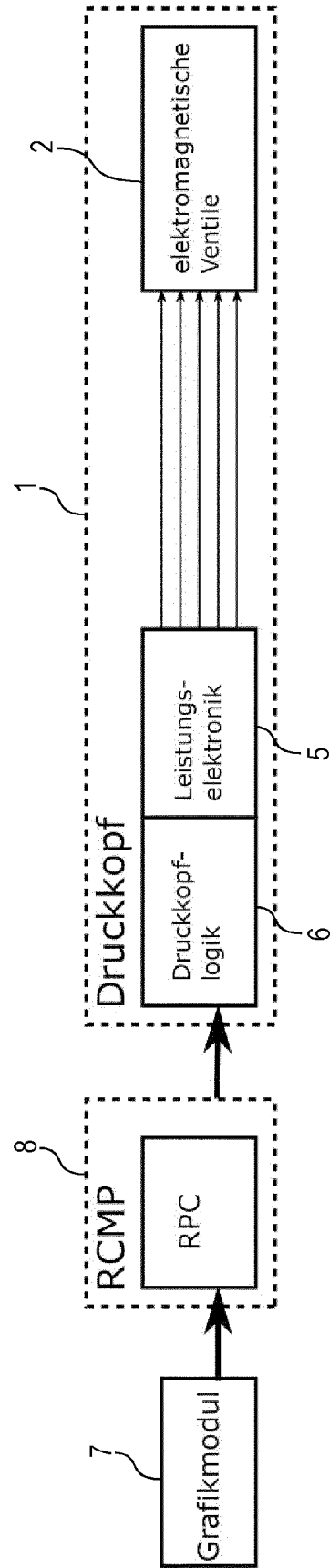


Fig. 4

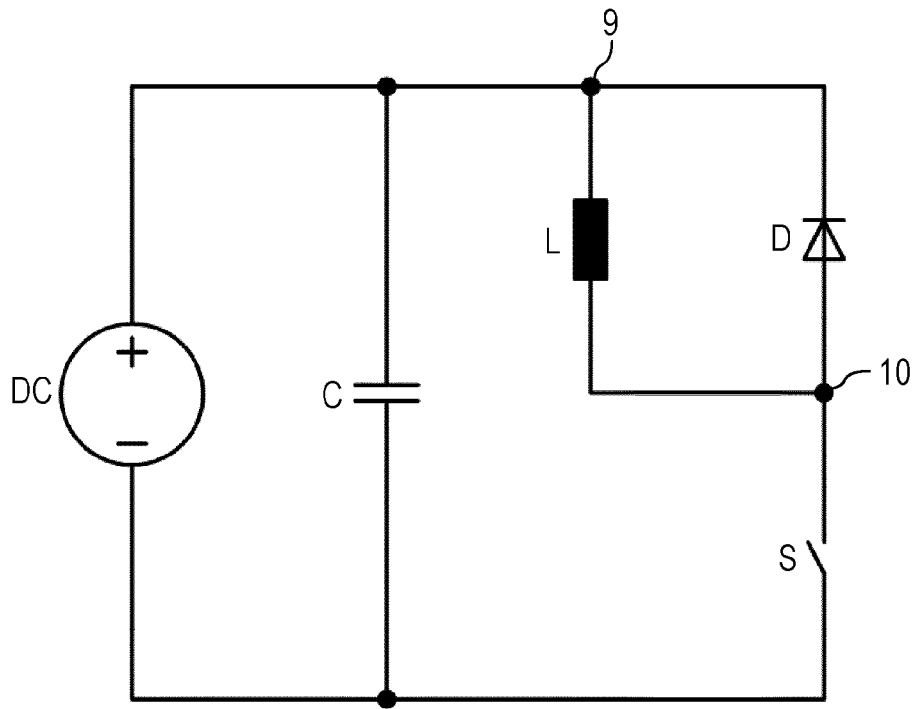


Fig. 5

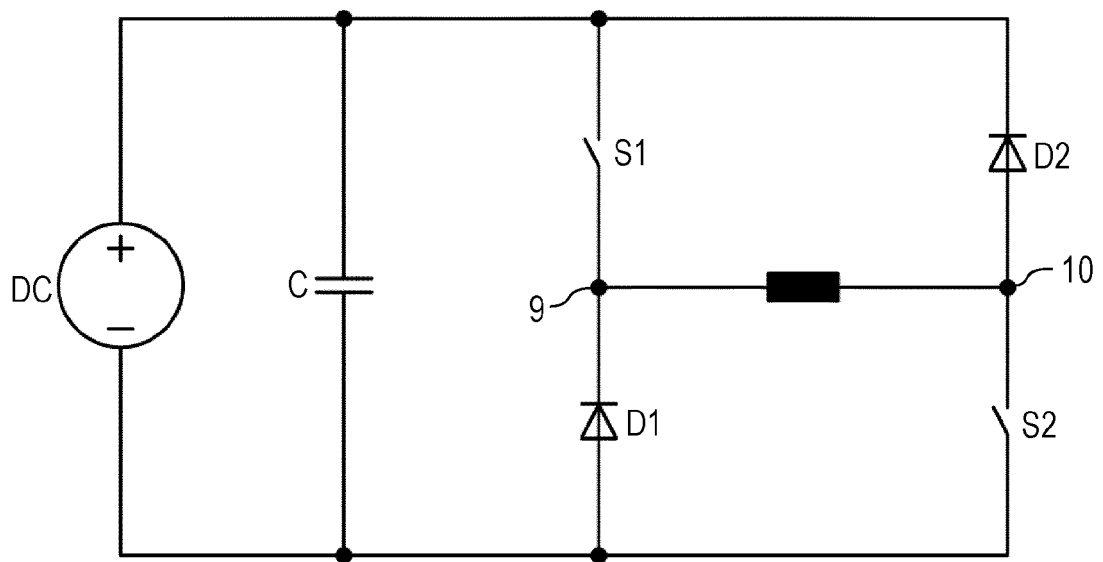


Fig. 6

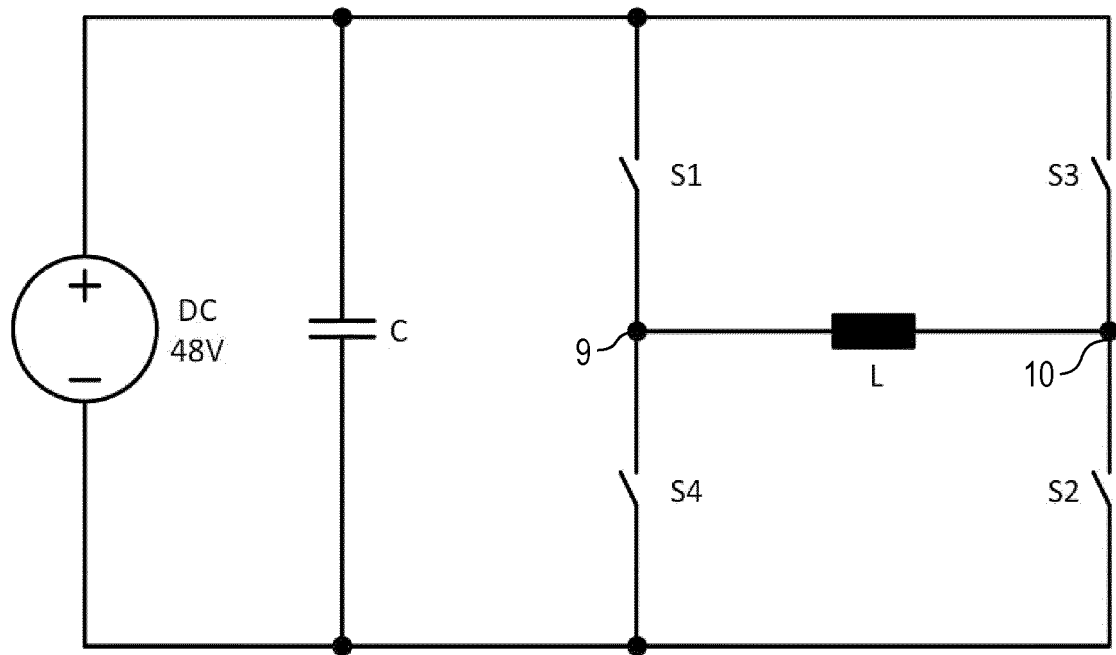


Fig. 7

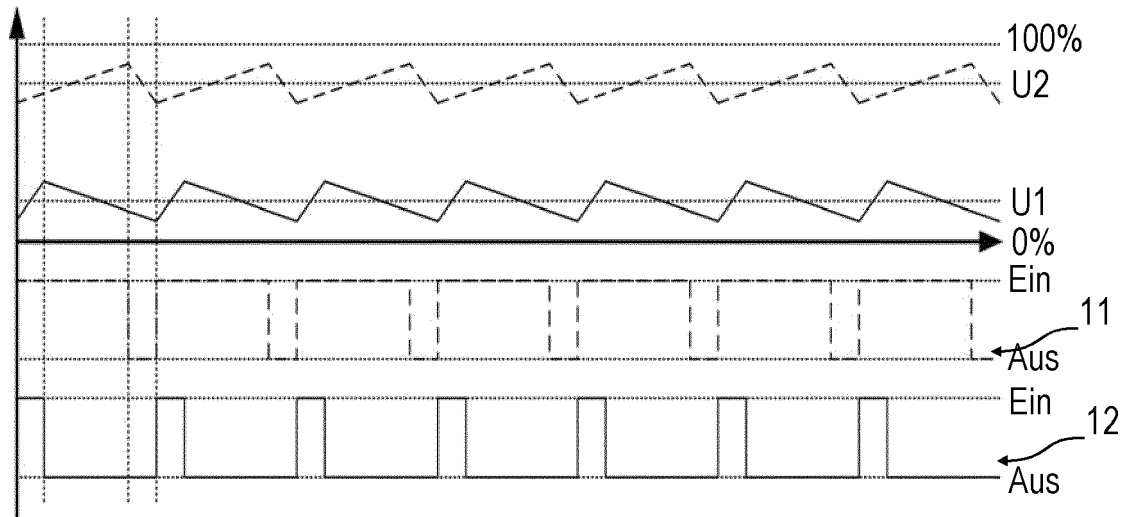


Fig. 8

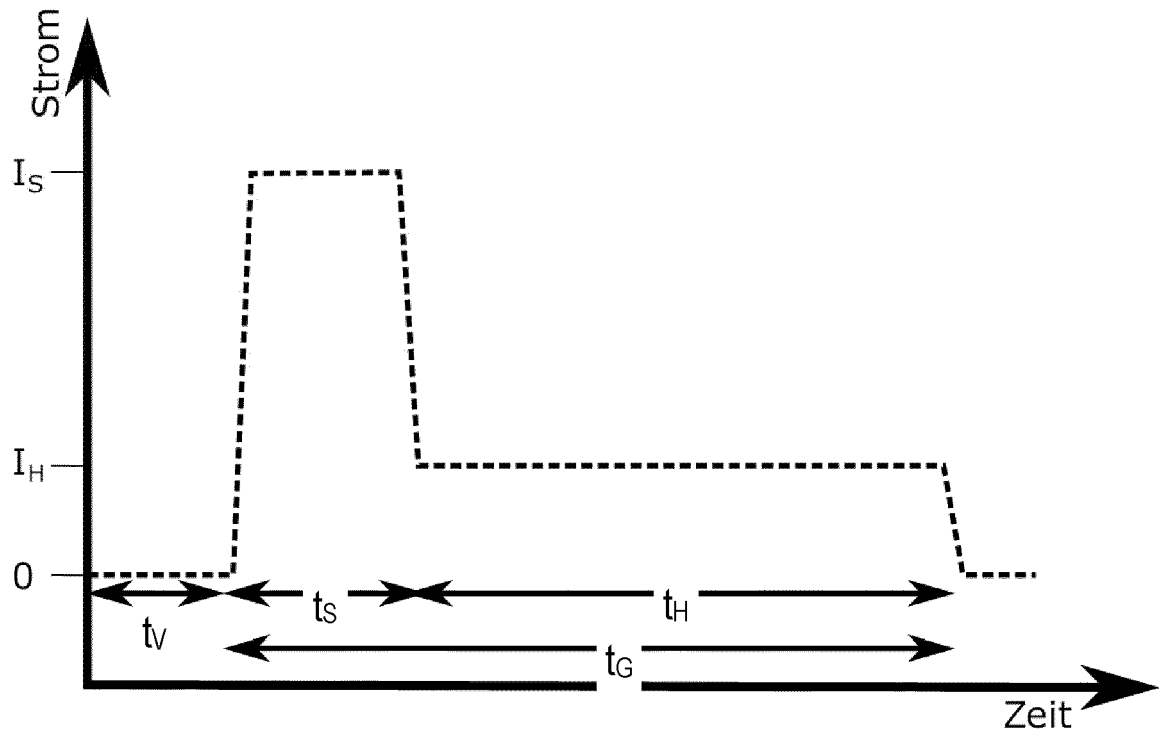


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 20 2407

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2008/151714 A1 (ZIMMER MASCHB GES M B H J [AT]; ACHRAINER JOHANN [AT]) 18. Dezember 2008 (2008-12-18)	1, 2, 8, 9	INV. B05B12/04 B05B1/30 H01F7/18
Y	* das ganze Dokument *	5-7	
X	DE 101 50 231 A1 (NORDSON CORP [US]) 27. Juni 2002 (2002-06-27) * Absatz [0004] *	1, 2	ADD. B05B13/04
A	US 2008/217437 A1 (VANDEN BERGHE JAN [BE] ET AL) 11. September 2008 (2008-09-11) * Absatz [0040]; Abbildung 5B *	1, 2	
A	US 4 453 652 A (MERKEL STEPHEN L [US] ET AL) 12. Juni 1984 (1984-06-12) * Spalte 3, Zeile 16 - Zeile 46; Abbildung 3 *	1, 2	
Y	US 2011/043030 A1 (FEUCHT THOMAS [DE]) 24. Februar 2011 (2011-02-24) * Abbildung 1 *	5	
Y	US 2004/223282 A1 (BOLZ STEPHAN [DE] ET AL) 11. November 2004 (2004-11-11) * Abbildung 3 *	6, 7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B05B H01F
A	EP 3 213 823 A1 (EXEL IND [FR]) 6. September 2017 (2017-09-06) * Absätze [0016], [0021], [0024], [0029]; Abbildungen 1, 4 *	1-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Februar 2022	Prüfer Gineste, Bertrand
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 21 20 2407

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-02-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2008151714 A1	18-12-2008	AT 520473 T	15-09-2011
		CA 2690062 A1	18-12-2008
		CA 2690108 A1	18-12-2008
		CN 101711186 A	19-05-2010
		CN 101784348 A	21-07-2010
		EP 2002898 A1	17-12-2008
		EP 2162234 A2	17-03-2010
		EP 2162235 A1	17-03-2010
		IL 202426 A	30-06-2014
		JP 5228039 B2	03-07-2013
		JP 2010528852 A	26-08-2010
		JP 2010531213 A	24-09-2010
		KR 20100021651 A	25-02-2010
		KR 20100051786 A	18-05-2010
		US 2010132612 A1	03-06-2010
		US 2010170918 A1	08-07-2010
		WO 2008151713 A2	18-12-2008
		WO 2008151714 A1	18-12-2008
DE 10150231 A1	27-06-2002	DE 10150231 A1	27-06-2002
		JP 2002193394 A	10-07-2002
		US 7740225 B1	22-06-2010
US 2008217437 A1	11-09-2008	AU 2008222783 A1	12-09-2008
		BR PI0808645 A2	12-08-2014
		CA 2679946 A1	12-09-2008
		CN 101674890 A	17-03-2010
		EP 2131963 A2	16-12-2009
		JP 2010520057 A	10-06-2010
		RU 2009136735 A	20-04-2011
		US 2008217437 A1	11-09-2008
		WO 2008109765 A2	12-09-2008
US 4453652 A	12-06-1984	CA 1193697 A	17-09-1985
		EP 0080795 A1	08-06-1983
		JP H0355709 B2	26-08-1991
		JP S5857574 A	05-04-1983
		US 4453652 A	12-06-1984
US 2011043030 A1	24-02-2011	AT 482858 T	15-10-2010
		CN 101715400 A	26-05-2010
		DE 102007025430 B3	04-12-2008
		EP 2155526 A1	24-02-2010
		US 2011043030 A1	24-02-2011
		WO 2008145288 A1	04-12-2008

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 20 2407

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-02-2022

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004223282 A1	11-11-2004	DE 10315282 A1	28-10-2004
		FR 2853448 A1	08-10-2004
		US 2004223282 A1	11-11-2004
EP 3213823 A1	06-09-2017	EP 3213823 A1	06-09-2017
		ES 2699686 T3	12-02-2019
		FR 3048368 A1	08-09-2017
		JP 6912219 B2	04-08-2021
		JP 2017154135 A	07-09-2017
		US 2017252765 A1	07-09-2017
		US 2019091712 A1	28-03-2019

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 9108424 B2 **[0002]**
- US 20020030707 A1 **[0021]**
- DE 102012006371 A1 **[0021]**
- EP 1821016 A2 **[0021]**
- WO 2010046064 A1 **[0021]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Applikationshandbuch Leistungshalbleiter **[0021]**